

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2004 年 2 月 19 日 (19.02.2004)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2004/015253 A1

(51) 国際特許分類: F01N 5/02, F28F 27/00, F24H 1/00

中央 1 丁目 4 番 1 号 株式会社本田技術研究所内
Saitama (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2002/008195

(74) 代理人: 落合 健, 外(OCHIAI, Takeshi et al.); 〒110-0016 東京都台東区台東 2 丁目 6 番 3 号 T O ビル
Tokyo (JP).

(22) 国際出願日: 2002 年 8 月 9 日 (09.08.2002)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(81) 指定国 (国内): JP, US.

(26) 国際公開の言語: 日本語

(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR).

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 本田技研工業株式会社 (HONDA GIKEN KOGYO KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒107-8556 東京都港区南青山二丁目 1 番 1 号 Tokyo (JP).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

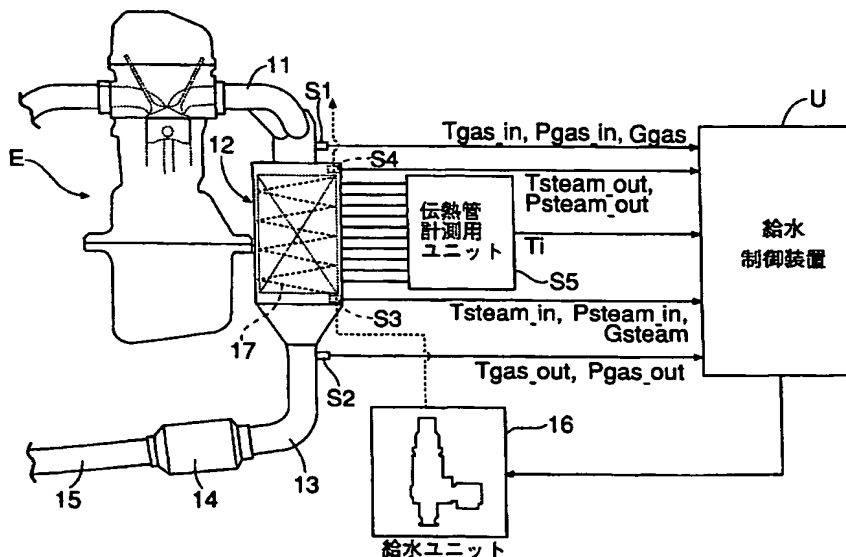
(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 馬場 剛志 (BABA, Tsuyoshi) [JP/JP]; 〒351-0193 埼玉県和光市

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: WORKING MEDIUM SUPPLY CONTROLLER IN HEAT EXCHANGER

(54) 発明の名称: 熱交換器における作動媒体の供給制御装置



S5...HEAT EXCHANGER TUBE MEASURING UNIT

16...WATER SUPPLY UNIT

U...WATER SUPPLY CONTROLLER

(57) Abstract: A working medium supply controller in heat exchanger comprising means (M1) for predicting a reference supply amount (Gsteam_set) of working medium in the future based on the detection values of heating medium measuring sensors (S1, S2) and working medium measuring sensors (S3, S4), means (M2) for calculating variation in the quantity of heat (Qmas) of a heat exchanger tube per unit time, means (M3) for calculating a correction supply amount (dGsteam) of the working medium based on the variation in the quantity of heat (Qmas) calculated by the means (M2) for calculating variation in the quantity of heat,

[続葉有]

BEST AVAILABLE COPY

WO 2004/015253 A1



and means (M4) for calculating a target supply amount (dGsteam_target) of the working medium based on the reference supply (Gsteam_set) calculated by the means (M1) for predicting a reference supply and the correction supply amount (dGsteam) calculated by the means (M3) for calculating a correction supply amount. Thermal energy recovery efficiency of heating medium can be maximized by minimizing heat mass loss in the heat exchanger tube of the heat exchanger during a transient period where thermal energy of heating medium varies.

(57) 要約:

熱交換器における作動媒体の供給制御装置は、熱媒体測定センサ（S 1，S 2）および作動媒体測定センサ（S 3，S 4）の検出値に基づいて将来の作動媒体の基準供給量（G s t e a m__s e t）を予測する基準供給量予測手段（M 1）と、伝熱管の単位時間あたりの熱量変化（Q m a s）を算出する熱量変化算出手段（M 2）と、熱量変化算出手段（M 2）で算出した熱量変化（Q m a s）に基づいて作動媒体の補正供給量（d G s t e a m）を算出する補正供給量算出手段（M 3）と、基準供給量予測手段（M 1）で算出した基準供給量（G s t e a m__s e t）および補正供給量算出手段（M 3）で算出した補正供給量（d G s t e a m）に基づいて作動媒体の目標供給量（G s t e a m__t a r g e t）を算出する目標供給量算出手段（M 4）とを備える。上記構成により、熱媒体の熱エネルギーが変化する過渡期における熱交換器の伝熱管での熱マス損失を最小限に抑えて熱媒体の熱エネルギーの回収効率を最大限に高めることができる。

明 細 書

熱交換器における作動媒体の供給制御装置

発明の分野

- 5 本発明は、熱エネルギーが変化する高温の熱媒体と伝熱管の内部を流れる低温の作動媒体との間で熱交換を行う熱交換器に関する。

背景技術

- 日本実公平 2 - 3 8 1 6 2 号公報には、一定速度で回転するエンジンの排気ガスを熱源とする廃熱貫流ボイラが発生する蒸気温度を目標蒸気温度と比較し、蒸気温度が目標蒸気温度に一致するように廃熱貫流ボイラへの給水量をフィードバック制御するものにおいて、廃熱貫流ボイラの出口の蒸気圧力に基づいて算出したフィードフォワード信号をフィードバック信号に加算することにより、エンジンの負荷の変動を補償して制御精度の向上を図るものが記載されている。

- 15 一般に、エンジンの排気ガスで水を加熱して蒸気を発生させる蒸発器では、エンジンの排気ガスが蒸発器に達するまでに排気バルブシート、排気バルブ、排気ポート等により冷却されてしまうだけでなく、エンジンの低負荷運転領域では排気ガスの流量が小さいために前記排気ガスの温度低下量も大きくなる。

- 排気ガスと水との間で熱交換を行う蒸発器では、高温の排気ガスと低温の蒸気（水）との温度差が大きいほど熱交換効率が高くなる。熱交換器の熱交換エネルギー Q は、熱交換器の伝熱面積を A_{pip} とし、熱貫流量を K とし、排気ガス温度を T_{gas} とし、蒸気（水）温度を T_{steam} とすると、

$$Q = A_{pip} \times K \times (T_{gas} - T_{steam})$$

- 25 で与えられる。熱交換エネルギー Q を増加させるために、伝熱面積 A_{pip} を増加させることは蒸発器の大型化を招くために好ましくなく、また熱貫流量 K を増加させるには排気ガスの流速を上げることが必要になり、そのために圧力損失による背圧の増加が発生してエンジン性能が低下する問題がある。

図 15 は排気ガス温度と蒸気温度とで決まる蒸発器の効率を示すもので、排気ガス温度が低い場合には、高温の蒸気を発生させようとする熱交換効率が低くなる。

一方、蒸発器で発生した蒸気で作動する膨張機は、原理的には入口における蒸気のエンタルピーが高いほど効率が良くなるが、現実には膨張機の壁面への放熱や蒸気のリークが存在するため、蒸気の供給量が少ないほど損失の影響が大きくなる。図16における実線は蒸気温度と蒸気流量とで決まる膨張機の効率を示す
5 ラインであり、破線は蒸発器において排気ガスの入口温度と蒸気温度とを変えたときの蒸気流量を示すラインである。理想的には蒸気温度が高いほど膨張機の効率は良くなるが、実際には高い蒸気温度で供給流量が少ない場合よりは、低い蒸気温度で供給流量が多い場合のほうが効率は良くなる。

上記日本実公平2-38162号公報に記載されたものは、蒸気温度を目標蒸
10 気温度に精密に一致させることを目的としており、廃熱貫流ボイラの伝熱管において発生する熱マス損失の低減を図るものではない。

ところで、例えば車両の加速時、つまりエンジンの低負荷時から高負荷時への過渡期に、蒸発器において発生する蒸気の目標温度を排気ガスの温度上昇に応じ
て上昇させるような制御を行うと、上記過渡期には排気通路の熱マスや蒸発器の
15 熱マスの影響でエンジンが高負荷状態になってから排気ガスの温度が上昇するまでに数秒～十秒程度の時間遅れが発生するため、蒸発器の伝熱管の温度が上昇して発生する蒸気の温度が目標温度に達するまでに数十秒程度の時間遅れが発生することになる。

車両の実際の走行を考慮すると、エンジンの出力変化の過渡期間の時間間隔は
20 数秒程度の場合が多く、エンジンの定常運転状態での蒸発器の最大効率を狙って排気ガス温度の変化に応じて目標蒸気温度を変化させても、前記過渡期には熱マス損失が発生して排気ガスの熱エネルギーを有効に回収できなくなる問題が発生する。

発明の開示

25 本発明は前述の事情に鑑みてなされたもので、熱媒体の熱エネルギーが変化する過渡期における熱交換器の伝熱管での熱マス損失を最小限に抑えて熱媒体の熱エネルギーの回収効率を最大限に高めることを目的とする。

上記目的を達成するために、本発明の第1の特徴によれば、熱エネルギーが変化する高温の熱媒体と伝熱管の内部を流れる低温の作動媒体との間で熱交換を行

う熱交換器において、熱媒体の温度、圧力および質量流量を検出する熱媒体測定センサと、作動媒体の温度、圧力および質量流量を検出する作動媒体測定センサと、熱媒体測定センサおよび作動媒体測定センサの検出値に基づいて将来の作動媒体の基準供給量を予測する基準供給量予測手段と、伝熱管の単位時間あたりの熱量変化を算出する熱量変化算出手段と、熱量変化算出手段で算出した熱量変化に基づいて作動媒体の補正供給量を算出する補正供給量算出手段と、基準供給量予測手段で予測した基準供給量および補正供給量算出手段で算出した補正供給量に基づいて作動媒体の目標供給量を算出する目標供給量算出手段とを備えたことを特徴とする、熱交換器における作動媒体の供給制御装置が提案される。

10 上記構成によれば、熱媒体測定センサおよび作動媒体測定センサの検出値に基づいて予測した将来の作動媒体の基準供給量を、伝熱管の単位時間あたりの熱量変化に基づいて算出した補正供給量で補正して作動媒体の目標供給量を算出するので、熱媒体の持つ熱エネルギーが非定常に変化しても伝熱管において発生する熱マス損失を最小限に抑えることができる。

15 また本発明の第2の特徴によれば、上記第1の特徴に加えて、熱量変化算出手段は、熱媒体測定センサおよび作動媒体測定センサの検出値に基づいて伝熱管の単位時間あたりの熱量変化を算出することを特徴とする熱交換器における作動媒体の供給制御装置が提案される。

20 上記構成によれば、伝熱管の単位時間あたりの熱量変化を熱媒体測定センサおよび作動媒体測定センサの検出値に基づいて検出するので、伝熱管の単位時間あたりの熱量変化を精密に検出することができる。

25 また本発明の第3の特徴によれば、上記第1の特徴に加えて、伝熱管の温度分布を測定する伝熱管温度分布測定センサを備え、熱量変化算出手段は、伝熱管温度分布測定センサの検出値に基づいて伝熱管の単位時間あたりの熱量変化を算出することを特徴とする作動媒体の供給制御装置が提案される。

上記構成によれば、伝熱管の単位時間あたりの熱量変化を伝熱管温度分布測定センサの検出値に基づいて検出するので、伝熱管の単位時間あたりの熱量変化を精密に検出することができる。

また本発明の第4の特徴によれば、上記第1～第3の何れかの特徴に加えて、

熱媒体がエンジンの排気ガスであることを特徴とする熱交換器における作動媒体の供給制御装置が提案される。

上記構成によれば、エンジンの排気ガスを熱媒体として利用するので、エンジンの廃熱を有効に利用して熱交換器を作動させることができる。

5 図面の簡単な説明

図1～図14は本発明の一実施例を示すもので、図1は蒸発器への給水量の制御系の全体構成を示す図、図2は比較例の熱マス損失を示すグラフ、図3は実施例の熱マス損失を示すグラフ、図4A～図4Cは熱マス損失を低減する原理の説明図、図5は蒸発器への給水量制御のフローチャートの第1分図、図6は蒸発器
10 への給水量制御のフローチャートの第2分図、図7は排気ガスの質量流量を予測する手法の説明図、図8は比較例の排気ガス温度、給水量および測定蒸気温度の変化を示すグラフ、図9は比較例の排気ガス熱交換エネルギー、蒸気熱交換エネルギーおよび熱マス損失エネルギーの変化を示すグラフ、図10は比較例の伝熱管の位置と温度との関係を示すグラフ、図11は実施例の排気ガス温度、給水量
15 および測定蒸気温度の変化を示すグラフ、図12は実施例の排気ガス熱交換エネルギー、蒸気熱交換エネルギーおよび熱マス損失エネルギーの変化を示すグラフ、図13は実施例の伝熱管の位置と温度との関係を示すグラフ、図14はクレーム対応図である。

図15は排気ガス温度と蒸気温度とで決まる蒸発器の効率を示すグラフである
20 。

図16は蒸気温度および蒸気流量で決まる膨張機の効率と、排気ガスの入口温度および蒸気温度を変えたときの蒸気流量とを示すグラフである。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の実施例を添付図面に基づいて説明する。

25 図1に示すように、エンジンEの排気マニホールド11には蒸発器12、排気管13、排気ガス浄化触媒14および排気管15が直列に接続されており、蒸発器12には給水ユニット16が接続される。給水ユニット16から供給された水は伝熱管17内を流れるときに排気ガスとの間で熱交換し、高温高圧の蒸気となって図示せぬ膨張機に供給される。

蒸発器 1 2 の入口側の排気マニホールド 1 1 に設けられた排気ガス入口測定センサ S 1 は、排気ガス入口温度 T_{gas_in} と、排気ガス入口圧力 P_{gas_in} と、排気ガス質量流量 G_{gas} とを検出する。蒸発器 1 2 の出口側の排気管 1 3 に設けられた排気ガス出口測定センサ S 2 は、排気ガス出口温度 T_{gas_out} と、排気ガス出口圧力 P_{gas_out} とを検出する。尚、前記排気ガス質量流量 G_{gas} は、燃料供給量の指示値および空燃比の指示値から算出可能であり、あるいは燃料供給量の指示値および吸入空気量の質量流量の測定値から算出可能である。

蒸発器 1 2 の水入口に設けられた水入口測定センサ S 3 は、水入口温度 T_{steam_in} と、水入口圧力 P_{steam_in} と、水質量流量 G_{steam} とを検出する。蒸発器 1 2 の蒸気出口に設けられた蒸気出口測定センサ S 4 は、蒸気出口温度 T_{steam_out} と、蒸気出口圧力 P_{steam_out} とを検出する。尚、前記水質量流量 G_{steam} は、給水ユニット 1 6 から供給される水の圧力や流量制御弁の開度から算出可能であり、流量計で直接測定することもできる。伝熱管計測用ユニット S 5 は、伝熱管 1 7 の複数に分割された各々の要素の伝熱管温度 T_i を検出する。

そして、前記排気ガス入口温度 T_{gas_in} 、排気ガス入口圧力 P_{gas_in} 、排気ガス質量流量 G_{gas} 、排気ガス出口温度 T_{gas_out} 、排気ガス出口圧力 P_{gas_out} 、水入口温度 T_{steam_in} 、水入口圧力 P_{steam_in} 、水質量流量 G_{steam} 、蒸気出口温度 T_{steam_out} 、蒸気出口圧力 P_{steam_out} および伝熱管温度 T_i が入力された給水制御装置 U は、給水ユニット 1 6 を介して蒸発器 1 2 への給水量を制御する。

さて、本発明ではエンジン E の運転状態の変化に対して、蒸発器 1 2 の伝熱管 1 7 の温度分布（つまり伝熱管温度 T_i ）に着目して適切な給水量を設定することで、蒸発器 1 2 の熱マス損失を低減するようになっている。以下、その原理を図 2 および図 3 を参照して説明する。

図 2 ～図 4 C はエンジン E の運転状態の過渡期に発生する熱マス損失のイメージ図であって、横軸は蒸発器 1 2 内の伝熱管 1 7 の位置を示し、縦軸は伝熱管計測用ユニット S 5 で検出した伝熱管温度 T_i を示している。低負荷時の定常状態

温度分布は鎖線で示され、高負荷時の定常状態温度分布は実線で示され、過渡期の温度分布は破線で示される。また図4A～図4Cは排気ガスから伝熱管17への伝熱量と伝熱管17から水（蒸気）への伝熱量の大きさを模式的に示すもので、図4Aは定常状態を示し、図4Bは比較例の過渡期を示し、図4Cは本発明の過渡期を示している。

図2は比較例を示すもので、低負荷時の定常状態温度分布（鎖線参照）と高負荷時の定常状態温度分布（実線参照）とがa点で交差しており、a点よりも排気ガスの入口側では高負荷時の温度分布が低負荷時の温度分布よりも高く、かつその差分が大きくなっているのに対し、a点よりも排気ガスの出口側では高負荷時の温度分布が低負荷時の温度分布よりも低く、かつその差分が小さくなっている。従来制御では、低負荷時に比較的低温の蒸気を発生させる状態から高負荷時に比較的高温の蒸気を発生させる状態に移行させるには、蒸発器12への給水量を減少させて伝熱管17の温度を上昇させることになる。

このとき、a点よりも排気ガスの入口側では低負荷時の温度分布から過渡期の温度分布に向けて伝熱管17の温度が比較的大きく上昇するのに対し、a点よりも排気ガスの出口側では低負荷時の温度分布から過渡期の温度分布に向けて伝熱管17の温度が殆ど低下しないため、斜線で示す熱マス損失が発生する。つまり、過渡期に排気ガスの熱エネルギーがa点よりも排気ガスの入口側の伝熱管17の温度を上昇させるのに使用されてしまい、蒸気温度を上昇させるの使用されなくなって熱マス損失が発生する。

これを図4Aおよび図4Bを用いて更に説明すると、図4Aに示す定常状態から図4Bに示す過渡期に移行したときに、発生する蒸気の温度を上昇させるべく蒸発器12への給水量を減少させると、排気ガスから伝熱管17に伝達される伝熱量と伝熱管17から水（蒸気）に伝達される伝熱量との関係により、伝熱管17の全ての領域で伝熱管17の温度が上昇してしまう。

それに対して、図3に示す本発明では、a点よりも排気ガスの入口側では低負荷時の温度分布から過渡期の温度分布に向けて伝熱管17の温度が上昇するのに対し、a点よりも排気ガスの出口側では低負荷時の温度分布から過渡期の温度分布に向けて伝熱管17の温度が低下するため、右下がりの斜線で示すプラスの熱

マス損失と、右上がりの斜線で示すマイナスの熱マス損失とが並行して発生する。マイナスの熱マス損失とは、伝熱管 17 の温度が低下する際に伝熱管 17 の持つ熱エネルギーが蒸気温度を上昇させることをいう。そして蒸発器 12 への給水量を適切に制御して前記プラスの熱マス損失とマイナスの熱マス損失とを相殺すれば、排気ガスの熱エネルギーを蒸気の温度上昇に有効に利用することができる。

これを図 4 A および図 4 C を用いて更に説明すると、図 4 A に示す定常状態から図 4 C に示す過渡期に移行したときに、蒸発器 12 への給水量を適度に増加させると、排気ガスから伝熱管 17 に伝達される伝熱量と伝熱管 17 から水（蒸気）に伝達される伝熱量との関係により、排気ガスの入口側で伝熱管 17 の温度が上昇するのに対し、排気ガスの出口側で伝熱管 17 の温度が低下する。

図 14 のクレーム対応図に示すように、給水制御装置 U は基準供給量予測手段 M1 と、熱量変化算出手段 M2 と、補正供給量算出手段 M3 と、目標供給量算出手段 M4 とを備える。基準供給量予測手段 M1 は、熱媒体測定センサ S1, S2（排気ガス入口測定センサ S1 および排気ガス出口測定センサ S2）および作動媒体測定センサ S3, S4（水入口測定センサ S3 および蒸気出口測定センサ S4）の検出値に基づいて将来の作動媒体の基準供給量 G_{steam_set} を予測する。熱量変化算出手段 M2 は、熱媒体測定センサ S1, S2 および作動媒体測定センサ S3, S4 の検出値に基づいて間接的に伝熱管 17 の単位時間あたりの熱量変化 Q_{mas} を算出し、あるいは伝熱管温度分布測定センサ S5（伝熱管計測用ユニット S5）の検出値に基づいて直接的に伝熱管 17 の単位時間あたりの熱量変化 Q_{mas} を算出する。補正供給量算出手段 M3 は、熱量変化算出手段 M2 で算出した熱量変化 Q_{mas} に基づいて作動媒体の補正供給量 dG_{steam} を算出する。そして目標供給量算出手段 M4 は、基準供給量予測手段 M1 で予測した基準供給量 G_{steam_set} および補正供給量算出手段 M3 で算出した補正供給量 dG_{steam} に基づいて作動媒体の目標供給量 G_{steam_target} を算出する。

次に、図 5 および図 6 のフローチャートを参照して、給水制御装置 U による蒸発器 12 への給水量の制御内容を説明する。尚、単位時間あたりの伝熱管 17 の

熱量変化 Q_{mas} を算出する手法として間接法と直接法とがあるが、最初に間接法について説明する。

まずステップST1で、前記各センサS1～S4（伝熱管計測用ユニットS5は除く）により時刻nにおけるデータを測定し、続くステップST2で、排気ガスおよび水（蒸気）の単位時間あたりの熱量変化 Q_{gas} 、 Q_{steam} を求めるべく、排気ガスおよび水（蒸気）のエンタルピー H_{gas_in} 、 H_{steam_in} 、 H_{gas_out} 、 H_{steam_out} を計算する。

即ち、蒸発器12の入口での排気ガスのエンタルピー H_{gas_in} は、蒸発器12の入口での排気ガスの圧力 P_{gas_in} および温度 T_{gas_in} からマップ検索され、蒸発器12の入口での水のエンタルピー H_{steam_in} は、蒸発器12の入口での水の圧力 P_{steam_in} および温度 T_{steam_in} からマップ検索され、蒸発器12の出口での排気ガスのエンタルピー H_{gas_out} は、蒸発器12の出口での排気ガスの圧力 P_{gas_out} および温度 T_{gas_out} からマップ検索され、蒸発器12の出口での水のエンタルピー H_{steam_out} は、蒸発器12の出口での水の圧力 P_{steam_out} および温度 T_{steam_out} からマップ検索される。

そして排気ガス単位時間あたりの熱量変化 Q_{gas} を、排気ガス質量流量 G_{gas} 、蒸発器12の入口での排気ガスのエンタルピー H_{gas_in} および蒸発器12の出口での排気ガスのエンタルピー H_{gas_out} を用いて、

$$Q_{gas} = G_{gas} \times (H_{gas_in} - H_{gas_out})$$

により算出する。また水（蒸気）の単位時間あたりの熱量変化 Q_{steam} を、水質量流量 G_{steam} 、蒸発器12の入口での水のエンタルピー H_{steam_in} および蒸発器12の出口での水のエンタルピー H_{steam_out} を用いて、

$$Q_{steam} = G_{steam} \times (H_{steam_in} - H_{steam_out})$$

により算出する。

以上のようにして算出された排気ガスの単位時間あたりの熱量変化 Q_{gas} および水（蒸気）の単位時間あたりの熱量変化 Q_{steam} は、原理的には Q_{ga}

s = 熱量変化 Q_{steam} であるが、実際には蒸発器 12 の内部での放熱ロスがあるため、ステップ S T 3 で排気ガス入口温度 T_{gas_in} および蒸気出口温度 T_{steam_out} を用いたマップを用いて定常状態での熱交換効率 η を検索し、この熱交換効率 η を用いて補正を行う。熱交換効率 η の意味は、定常状態に
 5 おいては、

$$Q_{gas} \times \eta = Q_{steam}$$

が成立するものである。

続くステップ S T 4 で単位時間あたりの伝熱管 17 の熱量変化 Q_{mas} を、

$$Q_{mas} = Q_{gas} \times \eta - Q_{steam}$$

10 で計算することにより、ステップ S T 15 で単位時間あたりの伝熱管 17 の熱量変化 Q_{mas} が求められる。

次に、単位時間あたりの伝熱管 17 の熱量変化 Q_{mas} の直接法による算出について説明する。

15 先ずステップ S T 1 で、前記伝熱管計測用ユニット S 5 により時刻 n における伝熱管 17 の各部の温度 T_i を測定した後、ステップ S T 6 で単位時間あたりの伝熱管 17 の熱量変化 Q_{mas} を、

$$Q_{mas} = \sum M_i \times C_{p_i} \times \{T_i(n) - T_i(n-1)\} / dt$$

により算出する。ここで、 M_i は分割した伝熱管 17 の要素 i の質量、 C_{p_i} は分割した伝熱管 17 の要素 i の比熱、 $T_i(n)$ は時刻 n での要素 i の温度、 $T_i(n-1)$ は時刻 $n-1$ での要素 i の温度、 dt が時刻 n , $n-1$ の経過時間である。記号 \sum は、 $M_i \times C_{p_i} \times \{T_i(n) - T_i(n-1)\} / dt$ を全ての要素 i について加算することを示している。
 20

以上のようにして間接法あるいは直接法で単位時間あたりの伝熱管 17 の熱量変化 Q_{mas} が求まると、ステップ S T 7 で単位時間あたりの伝熱管 17 の熱量
 25 変化 Q_{mas} にゲイン $GAIN$ を乗算することで、補正給水量 dG_{steam} を、

$$dG_{steam} = Q_{mas} \times GAIN$$

により算出する。

続くステップ S T 8 で、時刻 n でのデータに基づいて時刻 $n+1$ での排気ガス

質量流量 G_{gas_n+1} を予測する。即ち、図 7 に示すように、エンジン E の負荷をステップ状に増加させたときに、排気ガス質量流量 G_{gas} の変化の応答遅れを予め測定しておき、この応答遅れを考慮して時刻 $n+1$ での排気ガス質量流量 G_{gas_n+1} を予測する。続くステップ ST 9 で基準給水量 G_{steam_set} を、

$$G_{steam_set} = G_{gas_n+1} \times (H_{gas_in} - H_{gas_out}) \div (H_{steam_out} - H_{steam_in})$$

により算出する。そしてステップ ST 10 で、基準給水量 G_{steam_set} と補正給水量 dG_{steam} とを用いて、目標給水量 G_{steam_target} を、

$$G_{steam_target} = G_{steam_set} + dG_{steam}$$

により算出し、この目標給水量 G_{steam_target} に基づいて蒸発器 12 に対する給水量の制御を行う。

図 8 ～ 図 10 のグラフは比較例を示すもので、エンジン E の回転数を所定回転数に維持して負荷（吸気負圧）を所定範囲にステップ状に変化させ、目標蒸気温度を所定温度に設定した場合のものである。

図 8 において、エンジン E の負荷が増加して排気ガスの温度が上昇すると給水量は一旦大きく減少した後に増加し、測定蒸気温度は約 5 秒後に目標蒸気温度である所定温度に収束している。

図 9 に示すように、排気ガス熱交換エネルギー（排気ガスが水（蒸気）に与えるエネルギー）は次第に増加するのに対し、蒸気熱交換エネルギー（水（蒸気）が排気ガスから受け取るエネルギー）は一旦大きく減少した後に増加している。その結果、排気ガス熱交換エネルギーと蒸気熱交換エネルギーとの差分に相当するエネルギーが、伝熱管 17 の全域の温度上昇に費やされる熱マス損失エネルギーとなり（図 10 参照）、蒸発器 12 の効率が低下することが分かる。

一方、図 11 ～ 図 13 のグラフは実施例を示すもので、図 11 において、エンジン E の負荷が増加して排気ガスの温度が上昇すると、給水量は減少することなく排気ガスの温度上昇に追従して増加した後に漸減し、測定蒸気温度は目標蒸気

温度である所定温度に向けて漸増している。

図 1 2 に示すように、排気ガス熱交換エネルギー（排気ガスが水（蒸気）に与えるエネルギー）と、蒸気熱交換エネルギー（水（蒸気）が排気ガスから受け取るエネルギー）とは殆ど同じパターンで増加している。その結果、排気ガス熱交換エネルギーと蒸気熱交換エネルギーとの差分に相当する熱マス損失エネルギーは殆ど 0 になり、蒸発器 1 2 の効率が向上することが分かる。その理由は、伝熱管 1 7 の温度が排気ガスの入口側で上昇して出口側で低下することで、排気ガスから伝熱管 1 7 に奪われる熱エネルギーと、伝熱管 1 7 から水（蒸気）に与えられる熱エネルギーとが相殺されるためである（図 1 3 参照）。

以上、本発明の実施例を詳述したが、本発明はその要旨を逸脱しない範囲で種々の設計変更を行うことが可能である。

例えば、実施例ではエンジン E の負荷が増加する過渡期について説明したが、エンジン E の負荷が減少する過渡期においても同様の作用効果を達成することができる。

また実施例では作動媒体として水（蒸気）を用いているが、その他の任意の作動媒体を採用することができる。

また実施例では熱媒体としてエンジン E の排気ガスを用いているが、他の任意の熱媒体を採用することができる。

また実施例では熱交換器として蒸発器 1 2 を例示したが、本発明は蒸発器 1 2 以外の熱交換器に対して適用することができる。

産業上の利用可能性

以上のように、本発明はエンジンの排気ガスの熱エネルギーを機械エネルギーに変換するランキンサイクル装置用の熱交換器に対して好適に適用可能であるが、その他の任意の用途の熱交換器に対しても適用することができる。

請求の範囲

1. 熱エネルギーが変化する高温の熱媒体と伝熱管（17）の内部を流れる低温の作動媒体との間で熱交換を行う熱交換器において、

5 熱媒体の温度（ T_{gas_in} , T_{gas_out} ）、圧力（ P_{gas_in} , P_{gas_out} ）および質量流量（ G_{gas} ）を検出する熱媒体測定センサ（ S_1 , S_2 ）と、

作動媒体の温度（ T_{steam_in} , T_{steam_out} ）、圧力（ P_{steam_in} , P_{steam_out} ）および質量流量（ G_{steam} ）を検
10 出する作動媒体測定センサ（ S_3 , S_4 ）と、

熱媒体測定センサ（ S_1 , S_2 ）および作動媒体測定センサ（ S_3 , S_4 ）の検出値に基づいて将来の作動媒体の基準供給量（ G_{steam_set} ）を予測する基準供給量予測手段（ M_1 ）と、

伝熱管（17）の単位時間あたりの熱量変化（ Q_{mas} ）を算出する熱量変化
15 算出手段（ M_2 ）と、

熱量変化算出手段（ M_2 ）で算出した熱量変化（ Q_{mas} ）に基づいて作動媒体の補正供給量（ dG_{steam} ）を算出する補正供給量算出手段（ M_3 ）と、

基準供給量予測手段（ M_1 ）で予測した基準供給量（ G_{steam_set} ）および補正供給量算出手段（ M_3 ）で算出した補正供給量（ dG_{steam} ）に
20 基づいて作動媒体の目標供給量（ G_{steam_target} ）を算出する目標供給量算出手段（ M_4 ）と、

を備えたことを特徴とする、熱交換器における作動媒体の供給制御装置。

2. 熱量変化算出手段（ M_2 ）は、熱媒体測定センサ（ S_1 , S_2 ）および作動媒体測定センサ（ S_3 , S_4 ）の検出値に基づいて伝熱管（17）の単位時間あ
25 たりの熱量変化（ Q_{mas} ）を算出することを特徴とする、請求項1に記載の熱交換器における作動媒体の供給制御装置。

3. 伝熱管（17）の温度分布を測定する伝熱管温度分布測定センサ（ S_5 ）を備え、熱量変化算出手段（ M_2 ）は、伝熱管温度分布測定センサ（ S_5 ）の検出値に基づいて伝熱管（17）の単位時間あたりの熱量変化（ Q_{mas} ）を算出す

ることを特徴とする、請求項 1 に記載の熱交換器における作動媒体の供給制御装置。

4. 熱媒体がエンジン（E）の排気ガスであることを特徴とする、請求項 1 ～ 請求項 3 の何れか 1 項に記載の熱交換器における作動媒体の供給制御装置。

2/16

図 2

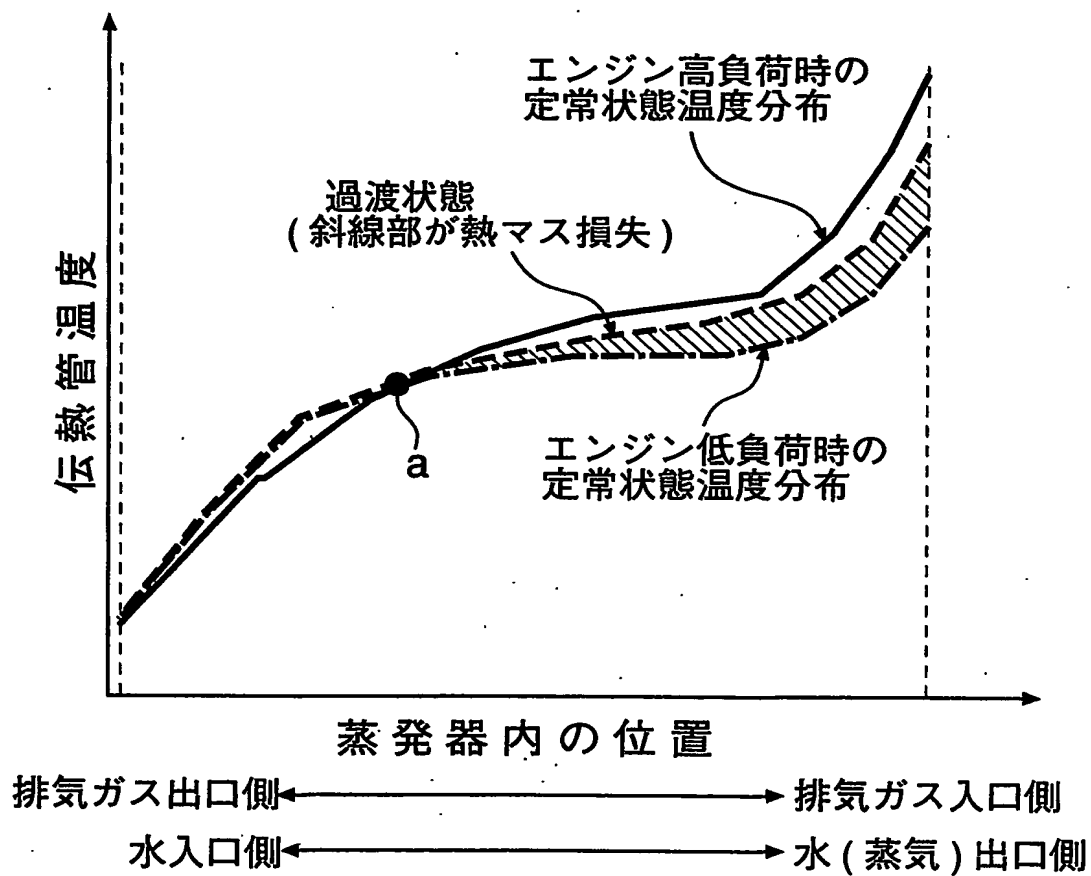


図 3

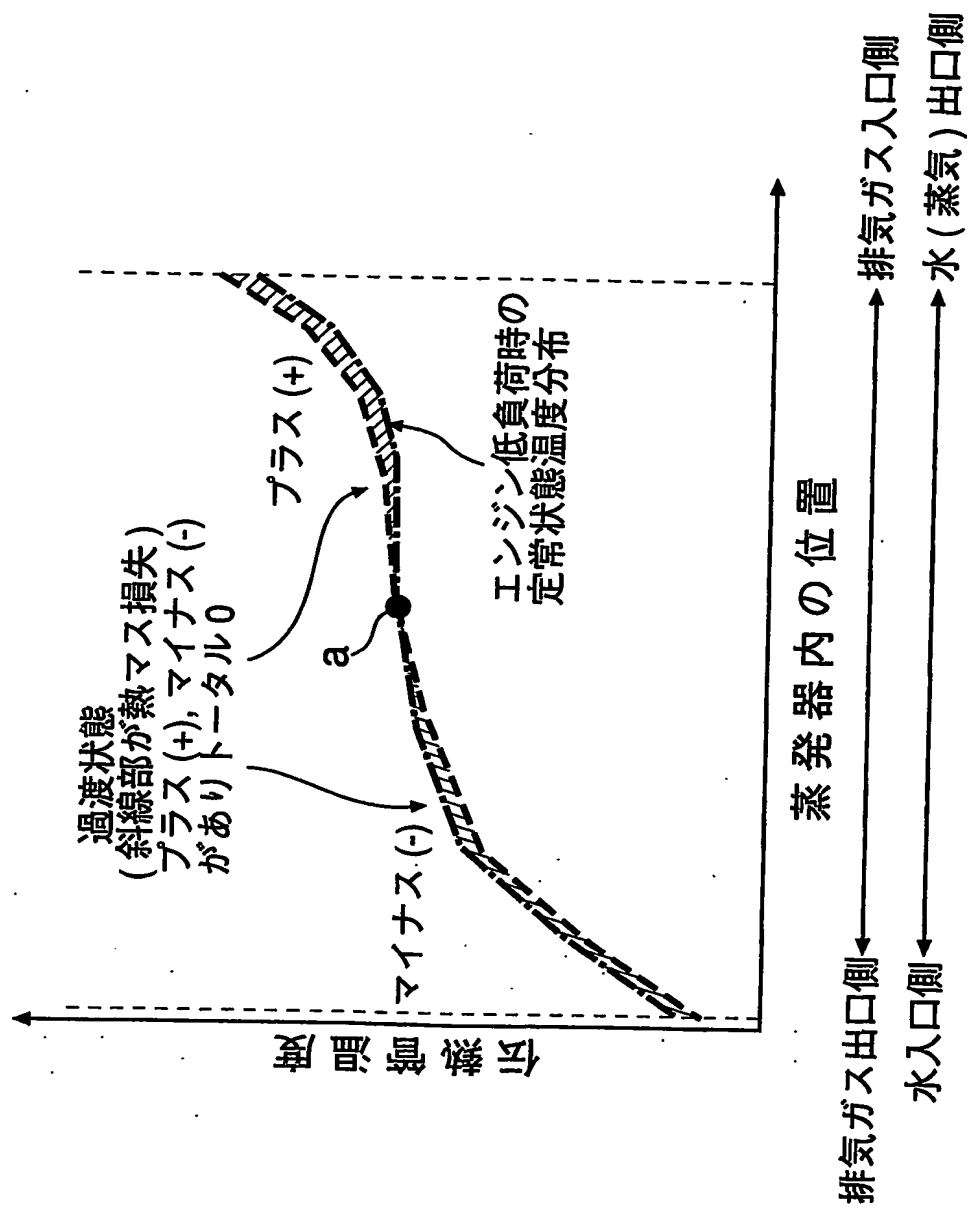


図 4A

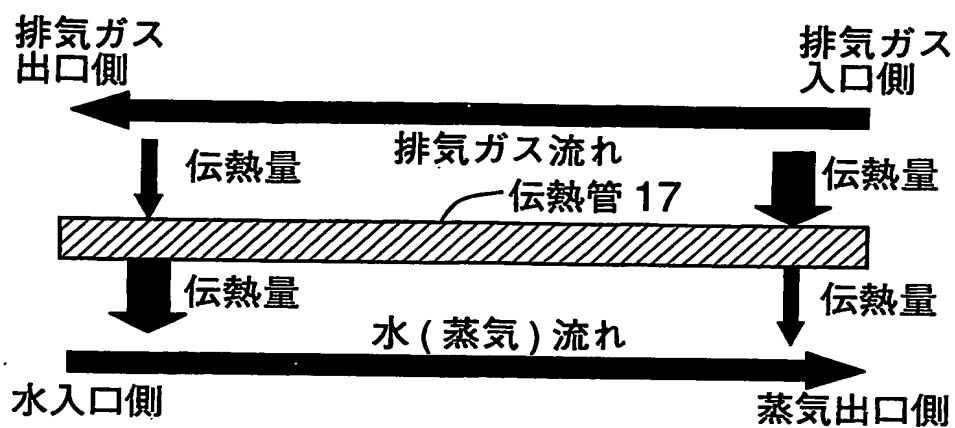


図 4B

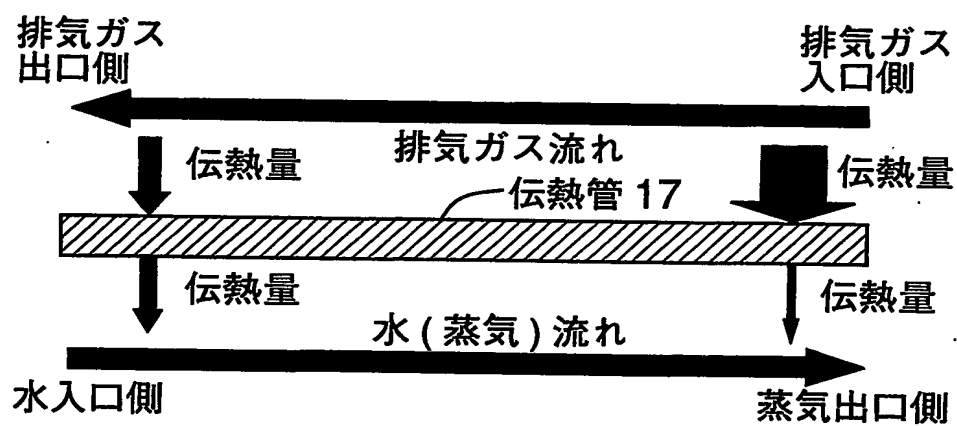


図 4C

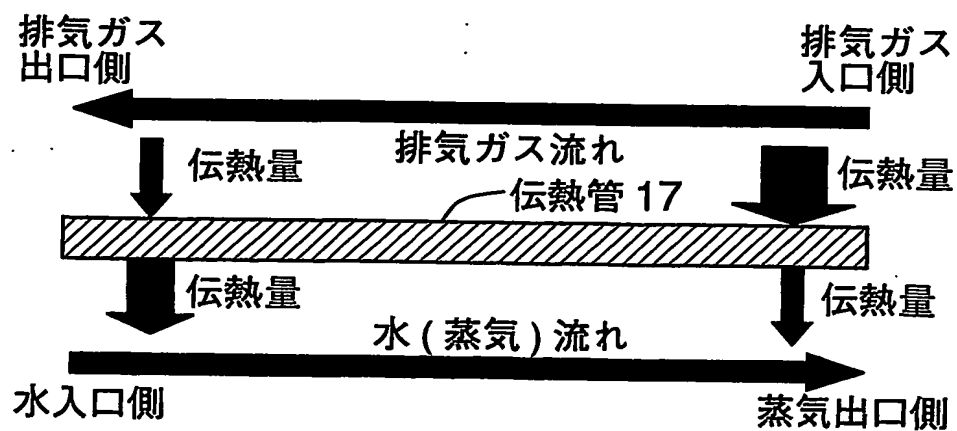
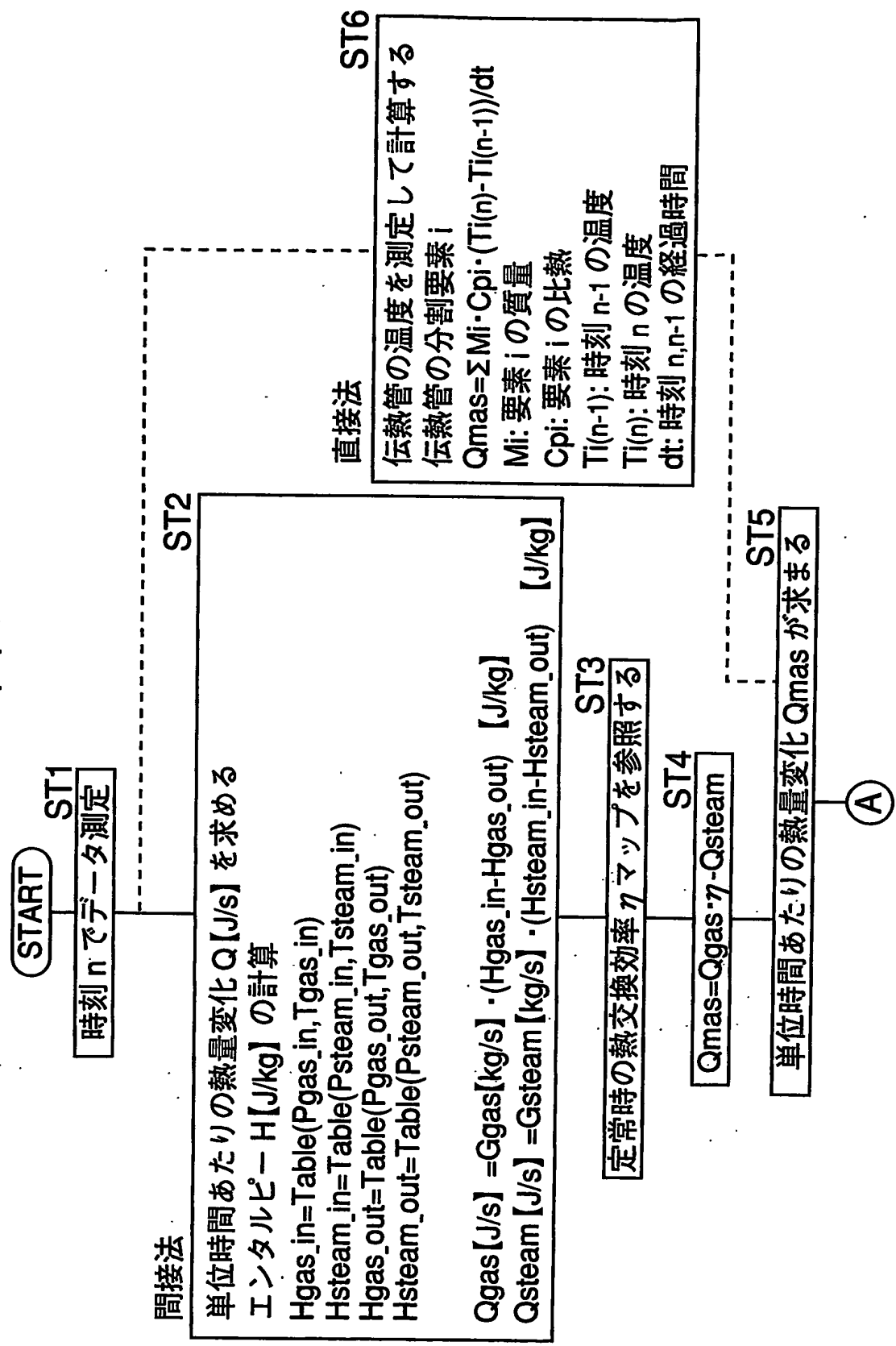
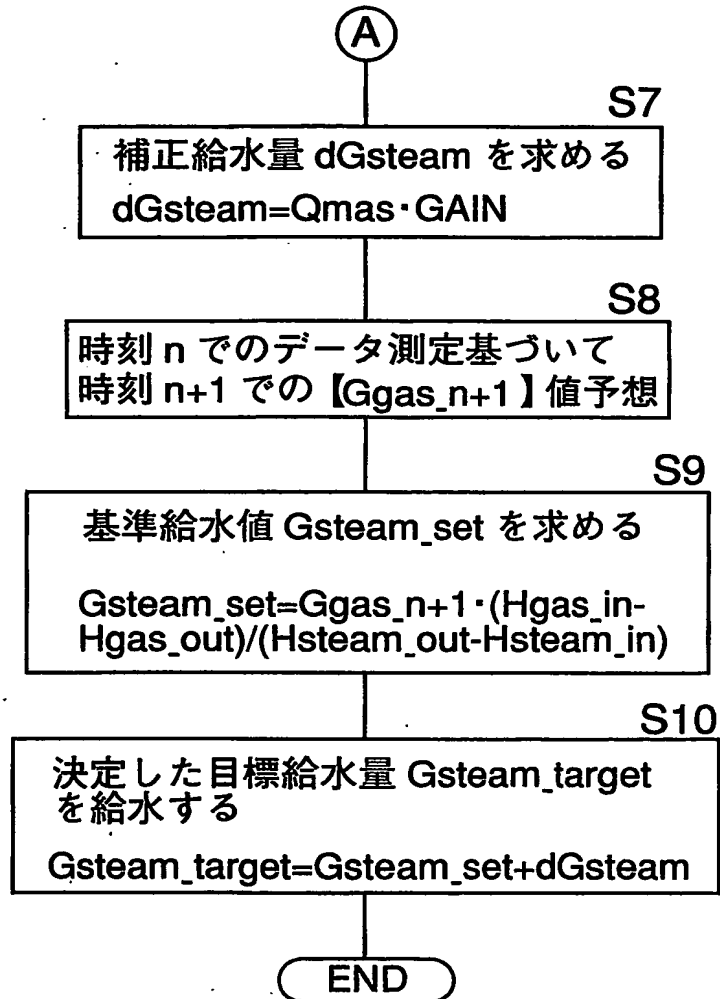


図 5



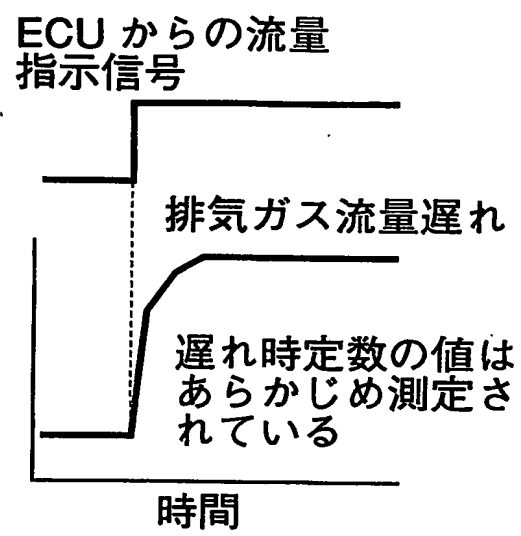
6/16

図 6



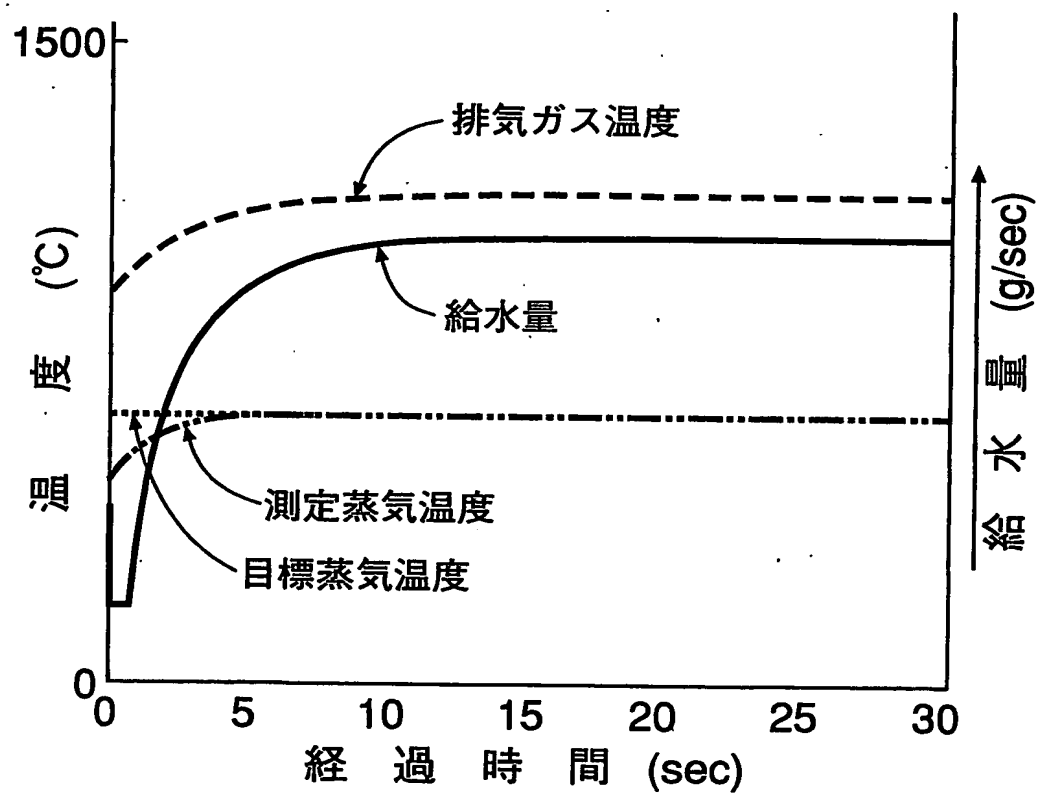
7/16

図 7



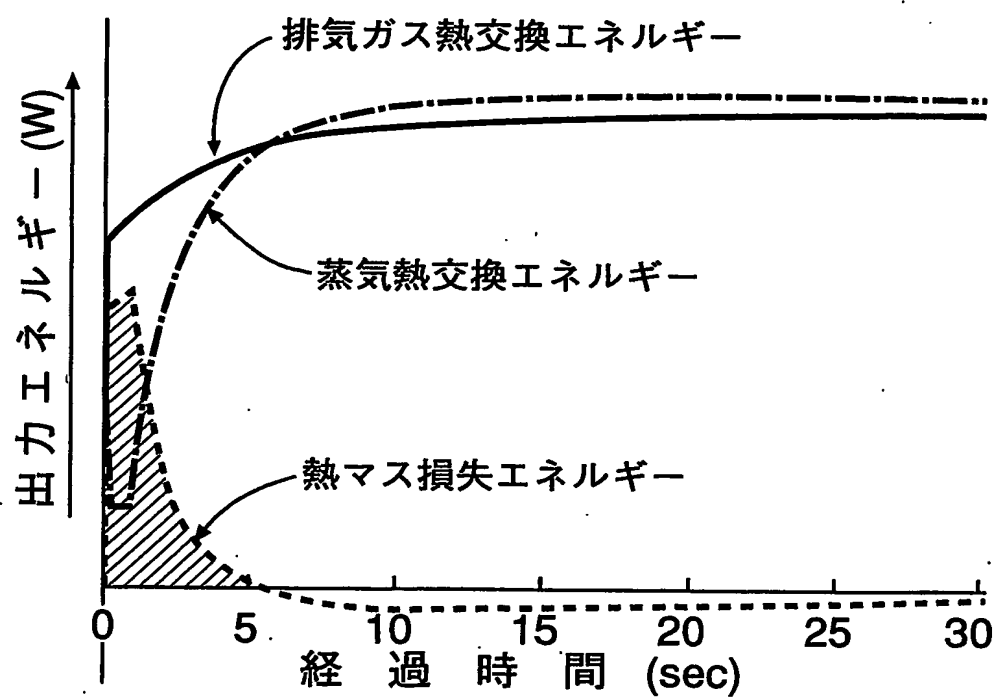
8/16

図 8



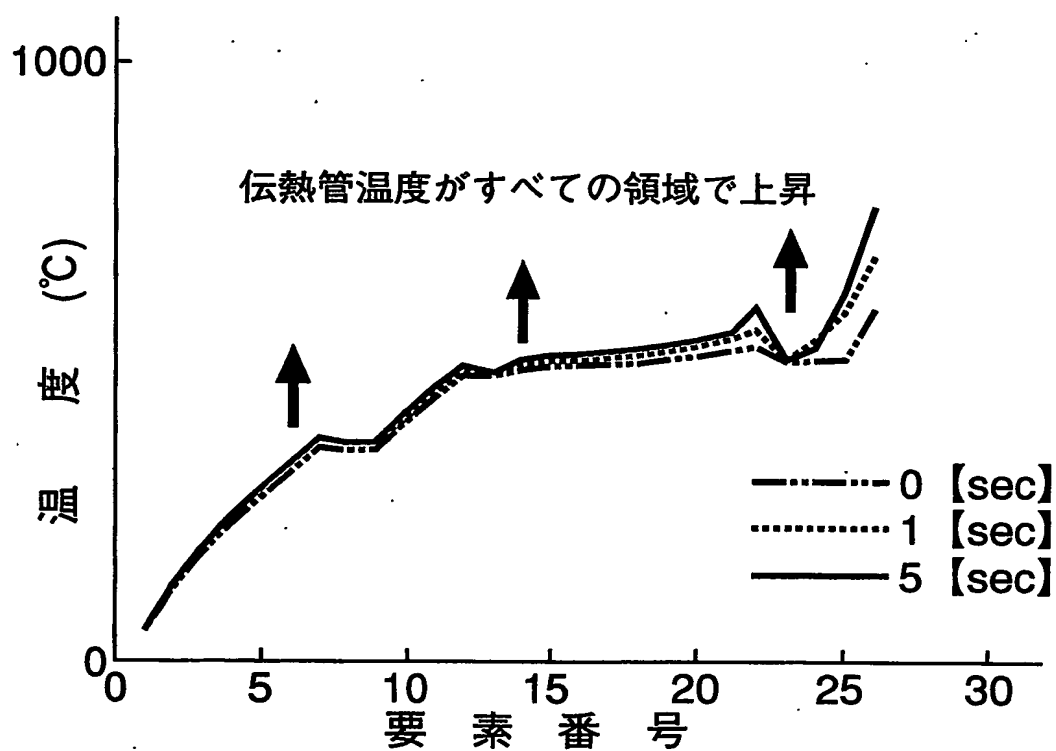
9/16

図 9



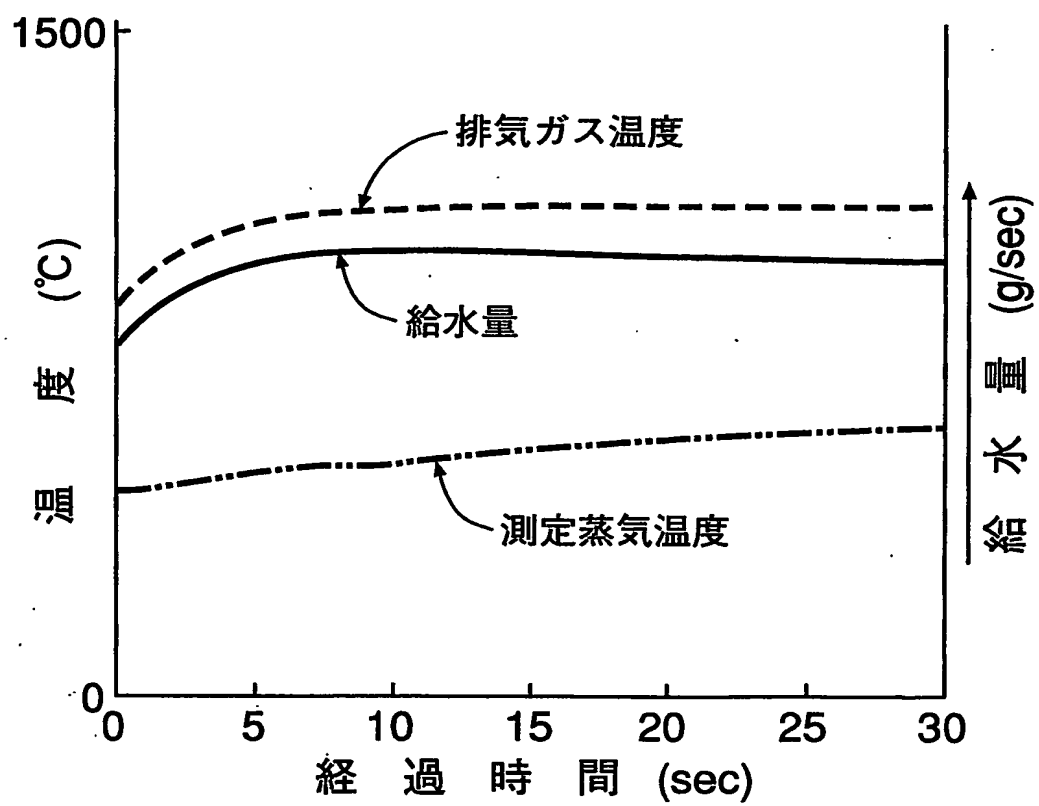
10/16

図 10



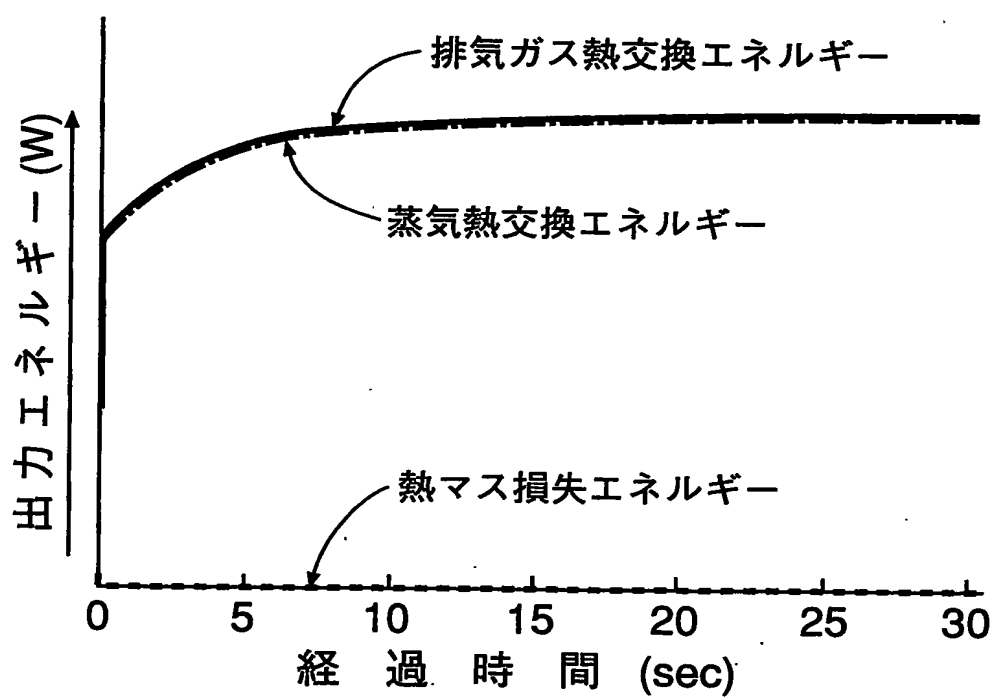
11/16

図 11



12/16

図 12



13/16

図 13

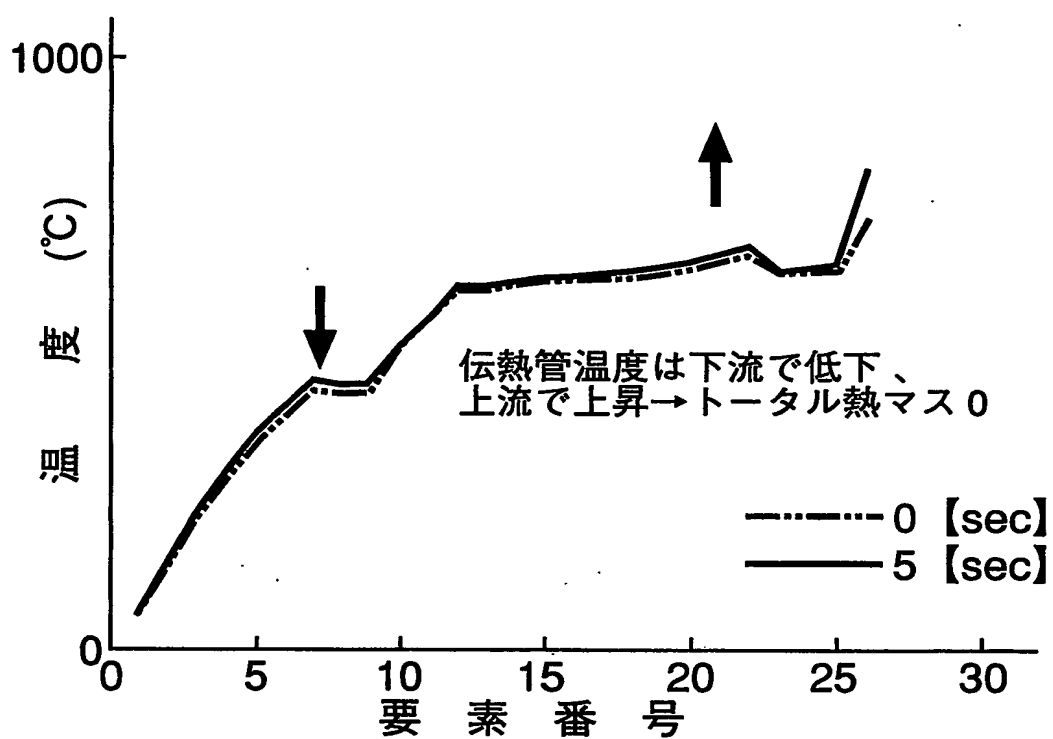
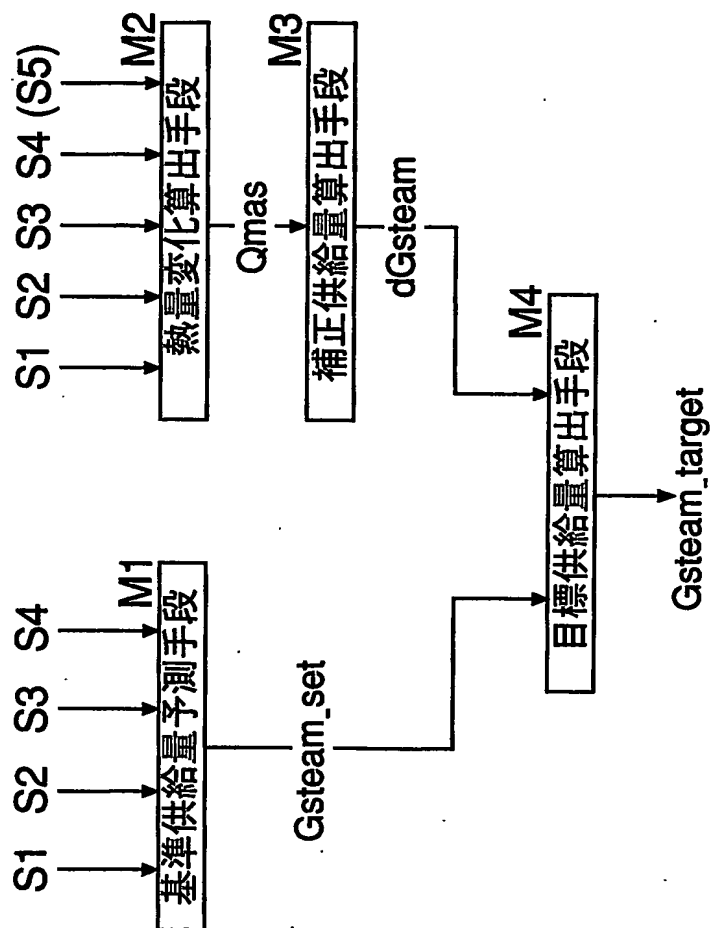
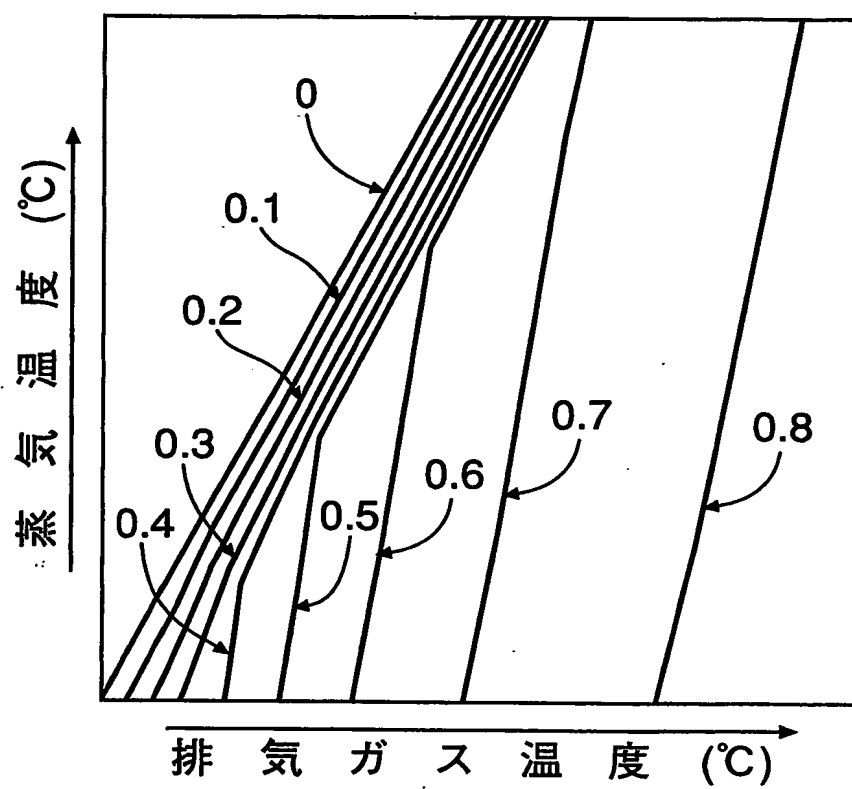


図 14



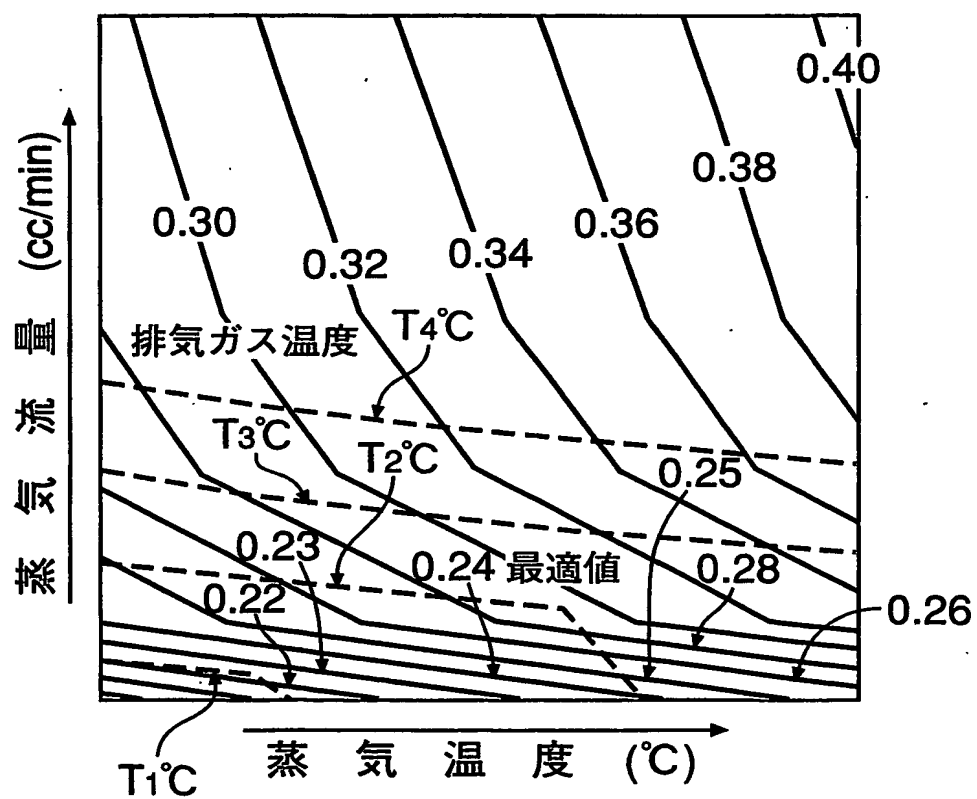
15/16

図 15



16/16

図 16



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP02/08195

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.⁷ F01N5/02, F28F27/00, F24H1/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.⁷ F01N5/02, F28F27/00, F24H1/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2002
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2002	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2002

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2001/40061 A1 (Kenji MATUDA), 15 November, 2001 (15.11.01), Full text; all drawings & JP 2001-37009 A	1-4
A	JP 11-229867 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 24 August, 1999 (24.08.99), Full text; all drawings (Family: none)	1-4
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 63216/1989 (Laid-open No. 2810/1991) (Calsonic Corp.), 11 January, 1991 (11.01.91), Full text; all drawings (Family: none)	1-4

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
03 December, 2002 (03.12.02)

Date of mailing of the international search report
17 December, 2002 (17.12.02)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/08195

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 9-68363 A (Sanyo Electric Co., Ltd.), 11 March, 1997 (11.03.97), Full text; all drawings (Family: none)	1-4
A	JP 7-247834 A (Osaka Gas Co., Ltd.), 26 September, 1995 (26.09.95), Full text; all drawings (Family: none)	1-4

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.⁷ F01N 5/02
F28F 27/00
F24H 1/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.⁷ F01N 5/02
F28F 27/00
F24H 1/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
日本国公開実用新案公報 1971-2002年
日本国登録実用新案公報 1994-2002年
日本国実用新案登録公報 1996-2002年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	US 2001/40061 A1 (KENJI MATUDA) 2001. 11. 15, 全文, 全図 & JP 2001-37009 A	1-4
A	JP 11-229867 A (日産自動車株式会社) 1999. 08. 24 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-4

☒ C欄の続きにも文献が列举されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

03. 12. 02

国際調査報告の発送日

17.12.02

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
郵便番号 100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

佐藤 正浩

3T

9333

電話番号 03-3581-1101 内線 3355

C (続き) . 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	日本国実用新案登録出願 1-63216 号 (日本国実用新案登録出願公開 3-2810 号) の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム (カルソニック株式会社) 1991. 01. 11 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-4
A	JP 9-68363 A (三洋電機株式会社) 1997. 03. 11 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-4
A	JP 7-247834 A (大阪瓦斯株式会社) 1995. 09. 26 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-4

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.